

УДК 621.824:624.046.001.5

Мазай В.З., Артюх Г.В.

ПЛАСТИЧЕСКОЕ КРУЧЕНИЕ УПРОЧНЕННОГО ВАЛА С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В ВИДЕ КРЕСТОВИНЫ

Вал с поперечным сечением в виде крестовины встречается в приводах крупносортовых и рельсобалочных станов старой постройки, в частности, в прокатных цехах комбината "Азовсталь". Такая форма поперечного сечения лучше приспособлена для передачи контактных усилий, эта форма лучше сохраняется в процессе эксплуатации со значительными перегрузками.

Упрочнение поверхностного слоя повышает и контактную прочность, и предельный крутящий момент, передаваемый таким соединением.

Этот момент можно оценить, применив аналогию с фигурой равного ската [1,2,3].

Известны попытки применить данную аналогию для случая кручения упрочненных валов [4].

На основании разработанной аналогии задачи пластического кручения упрочненных валов [4] выведем расчетную формулу для определения момента сопротивления вала с поперечным сечением в виде крестовины с учетом упрочнения.

Поперечное сечение рассматриваемого вала задано параметрами R, r, t и b (рис.).

Положим, что вал упрочнен дискретным слоем одинаковой толщины по всему периметру поперечного сечения (упрочнения типа наплавки, наклепа). Предел текучести материала упрочняющего слоя в k раз больше предела текучести основного материала. В этом случае исходная формула для определения момента сопротивления пластическому кручению на основании формулы (6) [4]

$$W_{\text{упр}} = W_k + W_2(1-k) \quad (1)$$

Выражение для W_k , полученное на основании методики, изложенной в работах [2,3], имеет вид

$$\begin{aligned} W_k = & \frac{8}{3} R^3 \operatorname{Arcsin} \frac{t}{R} + \frac{8}{9} \sqrt{R^2 - t^2} (2t^2 + 3Rt - 2R^2) + \\ & + \frac{8}{9} (4Rt^2 - 11t^3 - 4R^2t + 2R^3 - 9t^2r) + \frac{2}{3} \pi r^3 + \\ & + \frac{8}{9} (t+r)^3 \left(\sqrt{2} + \ln \operatorname{tg} \frac{3\pi}{8} \right) - 8r(t+r)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Заменив в этом выражении R, r и t на, соответственно, $R-b, r+b$ и $t-b$ получим выражение для W_2 :

$$\begin{aligned} W_2 = & \frac{8}{3} (R-b)^3 \operatorname{Arcsin} \frac{t-b}{R-b} + \frac{8}{9} \sqrt{(R-b)^2 - (t-b)^2} \times \\ & \times [2(t-b)^2 + 3(R-b)(t-b) - 2(R-b)^2] + \frac{8}{9} [4(R-b)(t-b)^2 - \\ & - 11(t-b)^3 - 4(R-b)^2(t-b) + 2(R-b)^3 - 9(t-b)^2(r+b)] + \end{aligned}$$

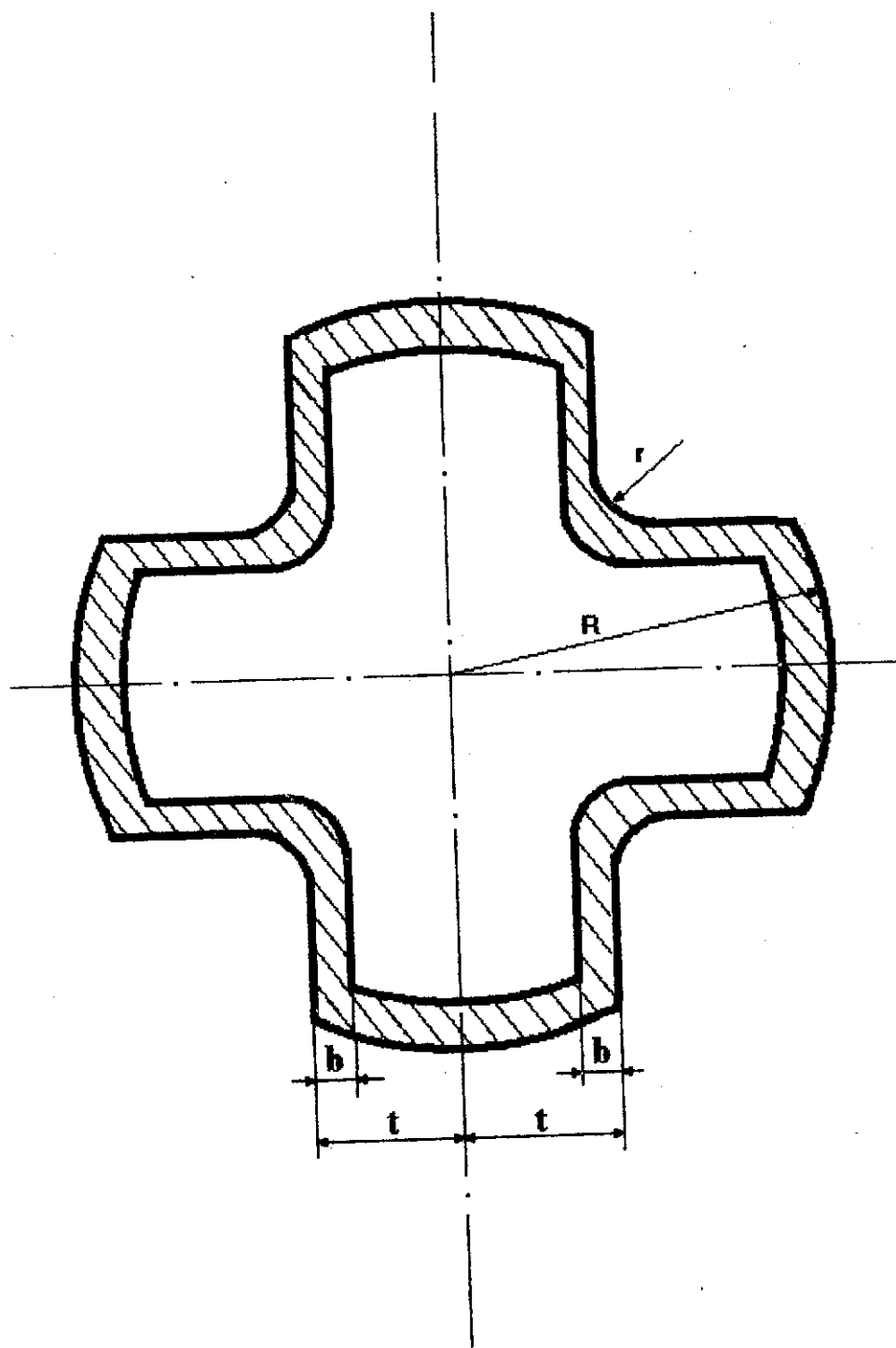


Рисунок - Поперечное сечение вала в виде крестовины, упрочненного дискретным слоем.

$$+\frac{2}{3}\pi(r+b)^3-\frac{8}{9}(t+r)^3\left(\sqrt{2}+\ln \operatorname{tg} \frac{3\pi}{8}\right)-8(r+b)(t+r)^2 \quad (3)$$

Подставив (2) и (3) в исходное выражение (1) и представив полученную расчетную формулу в виде

$$W_{\text{упр.}}=w_{\text{упр.}} R^3, \quad (4)$$

получим окончательную расчетную формулу для определения момента сопротивления поперечного сечения рассматриваемого вала.

$$\begin{aligned} w_{\text{упр.}} = & \frac{8}{9} k \left[3 \operatorname{Arcsin} p + \sqrt{1-p^2} (2p^2 + 3p - 2) + \right. \\ & + (4p^2 - 11p^2 - 4p + 2 - 9p^2 c) + \frac{3}{4} \pi c^3 + (p+c) \times \\ & \times \left(\sqrt{2} + \ln \operatorname{tg} \frac{3\pi}{8} \right) - 9(p+c)^2 \left. \right] + \frac{8}{9} (1-k) \left\{ 3(1-\delta)^3 \operatorname{Arcsin} \frac{p-\delta}{1-\delta} + \right. \\ & + \sqrt{(1-\delta)^2 - (p-\delta)^2} \left[2(p-\delta)^2 + 3(1-\delta)(p-\delta) - 2(1-\delta)^2 \right] + \\ & + \left[4(1-\delta)(p-\delta) - 11(p-\delta)^3 - 4(1-\delta)^2(p-\delta) + 2(1-\delta)^3 - 9(p-\delta)^2(c+\delta) \right] + \\ & \left. + \frac{3}{4} \pi (c+\delta)^3 + (p+c)^3 \left(\sqrt{2} + \ln \operatorname{tg} \frac{3\pi}{8} \right) - 9(c+\delta)(p+c)^2 \right\}, \quad (5) \end{aligned}$$

где

$$p = \frac{t}{R}, \quad c = \frac{r}{R}, \quad \delta = \frac{b}{R},$$

причем

$$0 \leq p \leq 1, \quad 0 \leq c \leq 1-2p, \quad 0 \leq \delta \leq p$$

Предельный крутящий момент отыскивается в виде

$$M_{\text{пр.}} = \tau_0 w_{\text{упр.}} R^3, \quad (6)$$

где τ_0 - предел текучести при сдвиге основного материала вала.

ВЫВОД

Получена в конечном виде формула, позволяющая подобрать оптимальные параметры упрочняющего слоя.

Перечень ссылок

1. Надай А. Пластичность и разрушение твердых тел. М., ИЛ. 1954.
2. "Ободовский Б. А., Артюх Г.В. Определение предельного крутящего момента для прямого бруса с сечением в виде круга с выкружкой // Проблемы прочности.-1971.-№2.-С.106-108.
3. Артюх Г.В., Ободовский Б.А. Определение несущей способности трефа валка прокатного стана // Механическое оборудование металлургических заводов.- М., 1971.-Вып. 16.-С.386-396.
4. Артюх Г.В., Мазай В.З. Аналогия задачи пластического кручения упрочненного бруса с фигурой равного ската // Сб. Защита металлургических машин от поломок. М., 1972.-Вып.1.-С.332-340.